

NMX-W-171-SCFI-2015

**PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES – PRUEBAS MECANICAS-
METODOS DE PRUEBA**

*COPPER AND COPPER ALLOYS PRODUCTS – MECHANICAL TEST – TEST
METHODS*

**La presente norma mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales
posteriores a la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario
Oficial de la Federación.**

PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- INDUSTRIAS UNIDAS S.A. DE C.V. – DIVISION TUBOS
- INDUSTRIAS UNIDAS S.A. DE C.V. – DIVISION COBRE Y ALEACIONES
- NACIONAL DE COBRE PLANTA CUPRO SAN LUIS
- NACIONAL DE COBRE PLANTA COBRECCEL CELAYA
- NACIONAL DE COBRE PLANTA VALLEJO

INDICE DEL CONTENIDO

Número de capítulo		paginas
1	Objetivo y campo de aplicación	4
2	Referencias	4
3	Definiciones	5
4	Métodos de prueba	6
5	Dureza	11
6	Tamaño de grano	17
7	Prueba de resistencia a la tensión, Porcentaje de elongación y Límite elástico	20
8	Vigencia	37
9	Bibliografía	37
10	Concordancia con normas internacionales	37

PRODUCTOS DE COBRE Y SUS ALEACIONES – PRUEBAS MECANICAS –
METODOS DE PRUEBA

COPPER AND COPPER ALLOYS PRODUCTS –MACHANICAL TEST –
TEST METHODS

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Objetivo

Esta Norma Mexicana establece los métodos de prueba para determinar la tensión, límite elástico, porcentaje de elongación, dureza, tamaño de grano y porcentaje de expansión de los productos de cobre y aleaciones de cobre.

1.2 Campo de aplicación

Esta Norma Mexicana es aplicable a materiales de cobre y aleaciones de cobre tales como tuberías sin costura, barras, soleras, perfiles y alambres.

2 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de esta norma, se deben consultar las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-Z-012-2-SCFI-1987 Muestreo para la inspección por atributos – Parte 2
Métodos de muestreo, tablas y gráficas

NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida

3 DEFINICIONES

Para propósitos de esta norma, se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Dureza

Es la resistencia que opone un material a ser penetrado y se realiza usando un aparato calibrado para forzar a un penetrador bajo condiciones especificadas a penetrar en la superficie del material.

3.2 Elongación

Es el aumento en la longitud calibrada en una probeta durante la prueba de tensión que comúnmente se expresa en porcentaje de la longitud calibrada inicial.

3.3 Expansión (Abocardado)

Aumento de diámetro realizada en el extremo de una probeta de tubo por medio de un mandril cónico.

3.4 Longitud calibrada

Es la longitud inicial de la parte de una probeta sobre la que se determina la deformación unitaria o el cambio de longitud y el alargamiento.

3.5 Limite Elástico

Es la fuerza máxima que soporta un material antes de sufrir una deformación permanente, después que se ha eliminado totalmente el esfuerzo aplicado. El mayor esfuerzo que se puede aplicar a un material sin causar una deformación permanente.

3.6 Limite de fluencia

El límite de fluencia o de cadencia, es el primer punto detectable, a partir del cual hay un aumento notorio en la deformación, sin que se acuse un aumento en el esfuerzo aplicado a la probeta. En los metales es el punto, a

partir del cual se produce una deformación permanente notable y aparecen por tanto deformaciones plásticas irreversibles.

3.7 Resistencia a la tensión

Es la fuerza máxima por unidad de área de la sección transversal que soporta un material de cualquier forma al ser sometida a una carga axial hasta llegar a la ruptura

3.8 Sección transversal

Es el área de la sección de la muestra a la cual se le aplicara la fuerza de tracción

3.9 Tamaño de grano, Grano

Es el tamaño de un cristal promedio en un parámetro estructural de un agregado policristalino contenido en un metal puro o metal de fase simple.

3.10 Dureza superficial

Resistencia que opone el material al tratar de ser rayado o penetrado por otro a través de una carga entre 5 a 10 kgf.

3.11 Microdureza .

Resistencia que ofrece un material a la deformación o penetración de un indentador a través de una carga de 1 200 grf

4 Métodos de Prueba

4.1 Expansión (abocardado)

4.1.1 Fundamento

El abocardado es una prueba en la que se combinan los esfuerzos de flexión y expansión en un material, su medida proporciona un índice del comportamiento del material como respuesta a estos esfuerzos combinados. Este método establece los criterios para el comportamiento de los tubos frente a estos esfuerzos combinados.

4.1.2 Expansión (Abocardado) cónico

Esta prueba consiste en ensanchar, con la ayuda de un mandril cónico, el extremo de una probeta cortada de un tubo, hasta que el diámetro exterior máximo del tubo abocardado alcance el valor especificado.

4.1.3 Expansión (Abocardado) Plano

Esta prueba consiste en formar en el extremo de una probeta cortada de un tubo, una pestaña perpendicular al eje del tubo, hasta que el diámetro exterior de la pestaña alcance el valor especificado.

4.1.4 Material y equipo

- Equipo de prueba de compresión
- aceite lubricante
- mandril cónico
- mandril plano
- botador
- dados
- dispositivo de corte
- lima
- escuadra universal
- calibrador
- probeta

4.1.5 Método de prueba de Expansión (abocardado)

4.1.5.1 Expansión (Abocardado) cónico

Previamente a la prueba, debe limpiarse el mandril y el interior de la probeta, con el fin de eliminar toda materia extraña, posteriormente se lubrica la superficie interna de la probeta y la parte cónica del mandril.

Debe procederse aplicando el esfuerzo lento, uniforme y constante para no obstaculizar la expansión del material. Debe cuidarse que el eje de la probeta coincida en todo momento con el eje del mandril.

Se introduce a presión en la probeta el mandril especificado en el sentido del eje longitudinal, hasta que el diámetro exterior del abocardado sea igual al especificado en la norma particular del producto.

Durante la prueba no debe producirse rotación relativa entre la probeta y el mandril.

Posteriormente se retira el mandril con la ayuda de un botador.

En caso de comprobación del resultado de la prueba, la velocidad de penetración del mandril no debe exceder de 50 mm por minuto. Para el caso que se requiera se podrá usar el método acordado con el cliente.

La prueba debe ser realizada a una temperatura ambiente entre un rango de (10 y 35 °C). En caso de que la prueba se realice bajo condiciones controladas de temperatura, ésta deberá ser de (23 ± 5 °C).

4.1.5.2 Expansión (abocardado) Plano

Una vez realizado el abocardado cónico se retira el mandril cónico de la muestra y se introduce a presión el mandril plano especificado en el sentido del eje longitudinal, teniendo las mismas consideraciones que en la prueba anterior.

Es necesario que también se aplique un esfuerzo lento, uniforme y constante para no obstaculizar la expansión del material. Debe cuidarse que el eje de la probeta coincida en todo momento con el eje del mandril.

Aplicar presión en la superficie del mandril hasta que el diámetro exterior del abocardado sea igual al especificado en la norma particular del producto.

Durante la prueba no debe producirse rotación relativa entre la probeta y el mandril.

Posteriormente se retira el mandril con la ayuda de un botador.

En caso de comprobación del resultado de la prueba, la velocidad de penetración del mandril no debe exceder de 50 mm por minuto.

La prueba debe ser realizada a una temperatura ambiente entre un rango de (10 y 35 °C). En caso de que la prueba se realice bajo condiciones controladas de temperatura, ésta deberá ser de (23 ± 5 °C).

4.1.6 INFORME DE LA PRUEBA

La interpretación de los resultados de la prueba debe ser realizada de acuerdo a los requerimientos establecidos en la especificación del producto. Cuando estos requerimientos no sean especificados, la ausencia de grietas visibles a simple vista debe ser considerado como evidencia de que el espécimen paso la prueba. Una falla prematura en las orillas no debe ser considerada causa de rechazo.

En el informe se deben contemplar al menos los siguientes datos:

- a) Referencia a ésta Norma Mexicana.
- b) Datos de la identificación del material del que ha sido extraído el espécimen de prueba.
- c) Dimensiones del espécimen de prueba.
- d) Diámetro máximo exterior de la parte expandida del espécimen de prueba o expansión relativa como porcentaje del diámetro original.

$$\text{EXPANSIÓN} = \frac{(D_f - D_i) \times 100}{D_i} = \% \text{ DE EXPANSIÓN}$$

Donde: D_f = Diámetro final expandido
 D_i = Diámetro inicial

- e) Angulo o conicidad del mandril utilizado, en el caso del abocardado plano radio angular "r" del mandril plano, cuando sea relevante.
- f) Condiciones de temperatura bajo las cuales se realizó la prueba.
- g) Resultado de la prueba, indicaciones relativas al hecho de haberse producido o no, fisuras o grietas en la muestra.

Tabla 2 - Símbología para el ensayo de abocardado plano (pestañado)

Símbolo	Designación	Unidad
D	Diámetro exterior del tubo	mm.
e	Espesor de la pared del tubo	mm.
L	Longitud de la probeta antes del ensayo	mm.
r	Radio de curvatura de la herramienta que deforma	mm.
Du	Diámetro exterior máximo del abocardado plano	mm.
β	Angulo del cono del mandril	° (grados)

Ejemplo de material con prueba de expansión



Expansión que no cumple



Expansión que si cumple

5 Dureza

5.1 Fundamento

Esta prueba se basa en la medición de la profundidad de penetración de una determinada herramienta bajo la acción de una carga prefijada. El número de dureza Rockwell (HR), esta se mide en unidades convencionales y es igual al tamaño de la penetración sobre cargas determinadas. El método puede usar diferentes penetradores siendo estos esferas de acero templado o carburo de tungsteno de diferentes diámetros, el equipo utilizado para realizar la prueba se conoce como durómetro, esta máquina permitirá la medición de dureza.

Se construyen dos clases de máquinas: las utilizadas para medir materiales gruesos, con las escalas A, B, C,D, E, F, G, H, K, L, M, P, R, S y V, y las construidas para materiales finos, con las escalas 15-N, 30-N,45-N,15-T,

30-T y 45-T, 15W, 30W, 45W. Ambas máquinas llevan una escala con números negros para las mediciones con punta de diamante (penetrador Brale), y otra escala con números rojos para las mediciones realizadas con bolas.

Las cargas se aplican en dos tiempos. En la máquina normal, primero se aplica una carga de 10 kg. en la maquina superficial se aplica primero una carga de 3 kg, poniendo a continuación el indicador que mide la penetración a cero.

Campo de validez

a.-Siendo el campo de validez de 35 a 100 en la escala HRB y 20 a 71 en la escala de 20 a 71 HRC, aplicando un tiempo de 15 segundos con un esfuerzo que varía desde 60, 100 y 150 kg a compresión para materiales gruesos.

b.- Siendo el campo de validez para ensayos superficiales (15-T. 30T. 45-T, 15 W...) en la escala de 100 a 130 aplicando un tiempo de 15 segundos con un esfuerzo que varia de 15, 30 y 45 kg a compresión para materiales delgados

Para no cometer errores muy grandes el espesor de la probeta del material en cuestión debe ser al menos 10 veces la profundidad de la huella. También decir que los valores por debajo de 20 y por encima de 100 normalmente son muy imprecisos y deberá hacerse un cambio de escala; la cifra de dureza se lee directamente en la esfera del aparato. Respecto a la forma de las piezas, si son cilíndricas de diámetro inferior a 30 mm, debe introducirse un factor de corrección.

Las durezas Rockwell y Rockwell Superficial vienen dadas por la siguiente fórmula:

$$nHR\text{Letra}$$

Dónde:

- n.- Es la carga aplicada en kg
- HR.- Es el identificador del ensayo Rockwell
- Letra.- Va seguida de HR y es la letra correspondiente a la Escala usada (A, B, C, 15-T, 30W, etc.)

Un ejemplo para un material que se le ha aplicado un esfuerzo de 60 kg y se ha usado la escala B sería:

60 HRB

O para un material superficial que se le ha aplicado un esfuerzo de 30 kg con bola de 1/8 pulgadas:

30 HR 30W

Por lo tanto una determinada combinación constituye una "escala de medición", caracterizada como A,B,C, 15-T, 30W, etc. y siendo la dureza un número arbitrario será necesario indicar en que escala fue obtenida (nHRA, nHRB, nHRC, nHR30W, etc.).

5.2 Equipo y Materiales

- Durómetro (mecánico o digital)
- durómetro rockwell y/o rockwell superficial
- penetrador esférico de acero o carburo de 1,58 mm(1/16 ")
- penetrador cónico de diamante de 120°
- juego de pesas para aplicar cargas de 15, 30, 45, 60, 100 y 150 kgf
- blocks patrón
- juego de yunques.

5.3 Método de prueba de Dureza

5.3.1. Calibración de la Máquina

- a) Se colocará un calibre patrón para la escala correspondiente sobre el soporte rígido del durómetro, evitando que ocurra el desplazamiento entre patrón y soporte durante el ensayo
- b) Se aplicará una carga inicial (P_0) de forma perpendicular y gradual, la que será igual a 10 Kp/ 3Kp para ambas escalas. (negra y roja)
- c) Determinar el punto de partida de la medición de la penetración.
- d) Establecer la ubicación correcta del dial de lectura de la dureza, o sea, se hará coincidir el cero de la escala del dispositivo de medida con la aguja indicadora de la profundidad de penetración.
- e) Se aplicará una carga principal (P_1) para la escala B, cuya fuerza será equivalente a 90 Kp, para la escala C será de 140 Kp y para T y W una carga de 15,30 o 45 Kg. El aumento de la carga (P_1) hasta su valor límite deberá ser lento, entre 3 y 6 seg, aplicada en forma uniforme y libre de vibraciones. La aplicación de esta carga tiene por finalidad determinar la dureza de la pieza con una carga total para la

escala B de 100 Kp, para la escala C de 150 Kp. Y para T, W de 15, 30, 45 Kg.

- f) La carga total ejercida se mantendrá durante 15 seg ó hasta que la aguja del dial indicador de dureza se estabilice.
- g) Se retirará la carga principal (P1) de manera lenta y uniforme, manteniendo la carga inicial (Po).
La eliminación de esta carga, permite al material recuperar su elasticidad, lo que genera una elevación del penetrador hasta un determinado punto, que se encuentra expresado en el dial del durómetro
- h) Para leer el valor de dureza en la escala B, se deberá leer directamente en la escala roja del dial, ubicada hacia el interior del dispositivo. Para leer el valor de dureza en la escala C, se deberá leer directamente en la escala negra del dial, ubicada hacia el exterior del dispositivo y compararla con la especificada en el patrón
- i) El resultado del ensayo se expresará en cifras de dureza Rockwell seguidas de la escala utilizada para este (ej: HRB o HRC).
- j) Los pasos del 2 al 7 se realizarán 3 veces, hasta alcanzar tres lecturas como mínimo dentro del campo de validez del calibre patrón. el valor obtenido será el resultado del ensayo Rockwell/ Rockwell superficial

5.3.2 Medición de Dureza en los Materiales Cobre y Latón

El material que se usa para determinación de la dureza varia mucho en su forma por lo que frecuentemente es deseable hacer la prueba sobre una parte que se va a usar en el producto terminado en vez de utilizar una probeta, seleccione la escala de medicion a utilizarse considerando la "tabla 3 Escala de dureza rockwell utilizadas en materiales de cobre y aleaciones de cobre"

El espesor de la pieza a probar debe ser tal, que en la superficie opuesta de la prueba no queden hullas u otras marcas que afecten la medición; el material en cuestión debe ser al menos 10 veces la profundidad de la huella y el ancho mínimo debe ser conforme cuando menos 3 veces el diámetro de la huella; la cifra de dureza se lee directamente en la esfera del aparato, con respecto a piezas, si son cilíndricas de diámetro inferior a 30 mm, debe introducirse un factor de corrección.

5.3.2.1 Toma de Mediciones de Dureza Rockwell en los Materiales Cobre y Latón

- a) Colocar pieza a medir sobre el soporte rígido del durómetro, evitando que ocurra el desplazamiento entre patrón y soporte durante el ensayo cambiando de posición cada una de los ensayos (5 ensayos).
- b) Se aplicará una carga inicial (P_0) de forma perpendicular y gradual, la que será igual a 10 Kp/ 3Kp para ambas escalas. (negra y roja). La aplicación de esta carga tiene por finalidad: % Eliminar la influencia de rugosidad de la superficie de la pieza. % determinar el punto de partida de la medición de la penetración. % Establecer la ubicación correcta del dial de lectura de la dureza, o sea, se hará coincidir el cero de la escala del dispositivo de medida con la aguja indicadora de la profundidad de penetración.
- c) Se aplicará una carga principal (P_1) para la escala B, cuya fuerza será equivalente a 90 Kp, para la escala C será de 140 Kp y para T y W una carga de 15,30 o 45 Kg. El aumento de la carga (P_1) hasta su valor límite deberá ser lento, entre 3 y 6 seg, aplicada en forma uniforme y libre de vibraciones. La aplicación de esta carga tiene por finalidad determinar la dureza de la pieza con una carga total para la escala B de 100 Kp, para la escala C de 150 Kp. Y para T, W de 15, 30, 45 Kg.
- d) La carga total ejercida se mantendrá durante 15 seg ó hasta que la aguja del dial indicador de dureza se estabilice.
- e) Se retirará la carga principal (P_1) de manera lenta y uniforme, manteniendo la carga inicial (P_0).
La eliminación de esta carga, permite al material recuperar su elasticidad, lo que genera una elevación del penetrador hasta un determinado punto, que se encuentra expresado en el dial del durómetro
- f) Para leer el valor de dureza en la escala B, se deberá leer directamente en la escala roja del dial, ubicada hacia el interior del dispositivo. Para leer el valor de dureza en la escala C, se deberá leer directamente en la escala negra del dial, ubicada hacia el exterior del dispositivo y compararla con la especificada en el patrón
- g) El resultado del ensayo se expresará en cifras de dureza Rockwell seguidas de la escala utilizada para este (ejem: HRB o HRC).
- h) Los pasos del 1 al 7 se repetirán a lo menos 5 veces por cada pieza para posteriormente obtener una media aritmética de los ensayos

efectuados; el valor obtenido será el resultado del ensayo Rockwell/Rockwell superficial

- i) Se comprobará la calibración de la máquina para verificar que no fue afectada por las penetraciones del ensayo. Esta calibración final se llevará a cabo de igual forma que la calibración inicial.

NOTA: Las penetraciones sobre la pieza deberán efectuarse en puntos cercanos de la superficie de la misma, manteniendo una distancia de por lo menos 3 mm entre el centro de una impresión y el borde de la pieza, como también respecto del centro de otra impresión.

5.4 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir lo siguientes datos:

1. Datos completos de identificación de la muestra (material, aleación, cliente, maquina y/o proveedor).
2. Número de lote.
3. Tipo de dureza a aplicar.
4. Carga aplicada P0, P1
5. Tipo de punta a utilizada
6. Resultado obtenido de las 5 ensayos y la nominal
7. Fecha de la determinación
8. Nombre del analista

Tabla 3. Escala de dureza rockwell utilizadas en materiales de cobre y aleaciones de cobre

ESCALA	TIPO DE PRUEBA	TIPO, Y TAMAÑO DE PENETRADOR	CARGA MENOR Kg	CARGA MAYOR Kg	ESCALA DEL COMPARADOR		APLICACION
B	Normal	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	10	100	Rojo	Dentro	Aleaciones de cobre, aceros suaves, aleaciones de aluminio, hierros maleables, etc.
F	Normal	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	10	60	Rojo	Dentro	Aleaciones de cobre recocidas, metales delgados y suaves, en hojas metálicas delgadas.

G	Normal	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	10	150	Rojo	Dentro	Hierro maleable, Bronce-Fósforo, berilio cobrizo, hierro maleable.
15-T	Superficial	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	3	15	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando
30-T	Superficial	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	3	30	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando
45-T	Superficial	Bola de 1,588 mm \pm 0,0035 mm (1/16)	3	45	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando
15W	Superficial	Bola de .125 (1/8)	3	15	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando
30W	Superficial	Bola de .125 (1/8)	3	30	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando
45W	Superficial	Bola de .125 (1/8)	3	45	Rojo	Dentro	Bronce, Latón y acero blando

6 Tamaño de grano

6.1 Fundamento

Esta prueba se basa en revelar la estructura granular de una muestra de cobre o sus aleaciones mediante el pulido y ataque químico con una solución (según tablas 4 y/o 5), la estructura revelada se observa al microscopio a 75x, comparando el campo visual observado contra una carta comparador de tamaños de grano en milímetros a 75x.

6.2 Equipos y Materiales

- Desbastador
- Pulidora
- Microscopio metalográfico
- Carta comparador de tamaños de grano (75x) ASTM E-112-Plate 3
- Discos lija de diferentes grados
- Oxido de aluminio o abrasivos similares
- Accesorios de montaje

6.3 Metodo de prueba

6.3.1.Preparación de la muestra

La solución de ataque a usarse es dependiendo de la aleación de la muestra, se selecciona el agente químico de acuerdo a la siguiente tabla 4 de reactivos y usos para micro ataques en cobre y sus aleaciones y tabla 5 reactivos y usos para macro ataques en cobre y sus aleaciones

Tabla 4. Reactivos y usos para micro ataques en cobre y sus aleaciones

Aleación	Reactivo de ataque	Forma de ataque	Observaciones
Bronces -510 -521 -507 Alpacas	Cloruro férrico 7.04 gr. Ácido nítrico 3 ml. Metanol o etanol 96 ml.	1.-Impregne con reactivo hasta que se opaque la muestra 2.-Lave al chorro de agua. 3.-Seque la muestra	Revela la estructura general.
Latones Binarios Bronces Alpacas Cuproníquel Cobres	Hidróxido de amonio 30 ml. Peroxido de hidrogeno 0.5 ml. Ácido nítrico 1:1 Cloruro férrico	Seguir los pasos 1, 2 y 3	Revela la estructura general.
Latones con plomo	Hidróxido de amonio 30 ml. Peroxido de hidrogeno 0.5 ml. Ácido nítrico 1:1	Seguir los pasos 1, 2 y 3	Revela la estructura general, plomo y fases alfa y beta.

Tabla 5. Reactivos y usos para macro ataques en cobre y sus aleaciones

Aleación	Reactivo de ataque	Forma de ataque	Observaciones
Cobres Latones Binarios Alpacas Cuproníqueles	Cloruro férrico 5.0 gr. Ácido clorhídrico 50 ml., aforo con agua a 100 ml. Ácido nítrico 1:1	1.-Impregne con reactivo hasta que se opaque la muestra 2.-Lave al chorro de agua. 3.-Seque la muestra	Revela la estructura chevron.
Bronces -510 -521 -5180 -507	1.- Ácido nítrico al 50% (Ac. Nítrico 50 ml. + agua 50 ml.) 2.-solución saturada de ferrocianuro de potasio.	1.-Impregne con el reactivo 1, hasta que se observe limpia la superficie 2.-Lave al chorro de agua para quitar el exceso de reactivo 1. 2.-Impregne en el reactivo 2, hasta que se opaque un poco la superficie del material y revele la estructura. 4.- Lave al chorro de agua para quitar el exceso de reactivo 2. 5.-Seque la probeta	Revela fosfuro de cobre y las segregaciones de estaño.

La muestra debe ser una probeta de tubo, barra, perfil cinta, soleras, lámina y alambre de tamaño apropiado para su fácil manipulación. Una vez cortada se desbasta con lija en su sección transversal y en esta forma se pule con discos lija de diferentes grados, usando óxido de aluminio (Al_2O_3) o abrasivos similares hasta obtener el pulido espejo.

6.3.2 Procedimiento de la prueba

La parte preparada de la muestra se ataca con la solución indicada en la tabla 4 y/ó 5, enjuagando con agua, se seca y se observa al microscopio

comparando con la carta a 75x y determinando el tamaño de grano promedio.

6.4 Expresión de resultados

El tamaño de grano promedio determinado debe cumplir con las especificaciones.

El informe de la prueba debe incluir lo siguiente:

Datos completos de identificación de la muestra

Número de lote

Resultado obtenido

Cualquier desviación del procedimiento aquí descrito

Cualquier anomalía observada durante la determinación

Fecha de la determinación

Nombre del analista

7 Prueba de resistencia a la tensión, Porcentaje de elongación y Límite elástico.

7.1-Fundamento

7.1.1 Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión es la fuerza máxima por unidad de área de la sección transversal que soporta un material de cualquier forma al ser sometido a una carga axial hasta llegar a su ruptura

La prueba de tensión consiste en someter una probeta de cobre o sus aleaciones, a un esfuerzo de tensión creciente, aplicado axialmente, hasta causarle la ruptura.

7.1.2 Porcentaje de elongación

A someter un material a resistencia a la tensión este sufre una deformación plástica caracterizada por un aumento de longitud, la medición de este incremento con respecto a la longitud inicial de la muestra expresada en porcentaje se conoce como porcentaje de elongación.

7.1.3 Limite elástico

Esfuerzo máximo que un material es capaz de resistir sin deformación permanente cuando desaparezca el esfuerzo

7.2 Material y equipo

- Maquina universal de ensayos
 - Lianas de acero
 - Mordazas
 - Micrómetro y vernier
 - flexómetro
 - Regleta graduada

7.3 Método de prueba

7.3.1. Preparación y acondicionamiento de la muestra

Las probetas de ensayo se obtienen, generalmente por mecanizado o corte de una muestra del producto objeto del ensayo . En el caso de tratarse de productos que tengan una sección constante (perfiles, barras, etc.) o de barras obtenidas por extrucción, se pueden utilizar como probetas las muestras sin mecanizar. La sección de la probeta puede ser circular, cuadrada o rectangular.

Las probetas deben ser de una longitud apropiada para ser fijadas en las mordazas de la máquina y deben cortarse una por cada una de las piezas que integra el lote de la muestra; enseguida se obtiene el promedio de las medidas del diámetro exterior y de la pared del tubo y se calcula el área de su sección transversal, se marcaran con divisiones iguales de 50.80 mm (2") considerando el centro a 25.40 mm para ambos lados (50.80mm) llamado como longitud calibrada antes de montarla en la maquina de ensayo.

Para los distintos tipos de material considerar las dimensiones indicadas en las tablas y figuras 6,7,8,9,10,11,12,13,14 y 15.

7.3.2 Procedimiento de la prueba

7.3.2.1 Preparación de la Máquina de Ensayo

Verificar que el indicador de carga de la máquina marque cero antes de montar la muestra o probeta

7.3.2.2 Inicio y velocidad de la prueba

La velocidad de la prueba no debe ser mayor que aquella a la cual las lecturas de carga y otras puedan tomarse con el grado de exactitud deseado.

Para determinar el rendimiento la aplicación de la tensión deberá estar entre 1.15 y 11.5 MPa/s [10 000 y 100 000 psi/min] es sugerida para determinar el punto de cedencia de los materiales mecánicos (ASTM E8/E 8M-8)

7.3.3 Preparación y acondicionamiento de las muestras

Previamente a la aplicación de las cargas a una probeta, se miden sus dimensiones : peso unitario, diámetro exterior y espesor de la sección crítica

Determinar el área de la sección transversal de acuerdo a:

a) cuando se usan especímenes o probetas de tipo tubo (ver Fig. No.10), el área de la sección transversal se determina de la siguiente manera ,

1) Si $D/W \leq 6$:

$$A = [(W/4) \times \sqrt{(D^2 - W^2)}] + [(D^2/4) \times \arcsen(W/D)] - [(W/4) \times \sqrt{(D - 2T)^2 - W^2}] - [(D - \frac{2T}{2}) \times \arcsen(W/D - 2T)]$$

A = área de sección transversal, $mm^2 [in^2]$

W : anchura de la muestra en la sección reducida , mm[in]

D : medida del diámetro exterior del tubo mm[in] y

T : medida del espesor de pared de la muestra mm[in], y el valor arco sen en radianes

2) Si $D/W > 6$, puede ser utilizada la siguiente ecuación,

$$A = W \times T$$

Donde:

A : área de sección transversal aproximada, $mm^2 [in^2]$,

W : anchura de la muestra en la sección reducida , mm[in], y

T : medida del espesor de pared de la muestra mm[in]

Determinar la longitud de calibración, es decir marcar sobre la probeta del centro hacia los extremos con divisiones de 50.8 mm(2") de 25.4 mm de marca a marca (ver marcas y distancias de acuerdo a fig. 4)

7.3.3.1 Agarre de la muestra

colocar y fijar la muestra en las mordazas de la máquina, para posteriormente centrarla y sujetarla del otro extremo

asegurarse que la muestra cumpla con la sección de agarre (ver Fig.6 a Fig.15) adecuada, de acuerdo al tipo de probeta

Al colocar la probeta en la máquina el dispositivo de sujeción debe revisarse, así como topes o guarniciones para impedir que las mordazas se salgan de su lugar o de acuerdo al equipo de trabajo utilizado

7.4 Desarrollo de la prueba

7.4.1 Determinación de la resistencia a la tensión

$R_t = F/A$, donde

R_t : es la resistencia a la tensión en MPa

F: es la carga aplicada, en N

A: área de la sección de la muestra, en mm²

7.4.2 Elongación o alargamiento y porcentaje de elongación

El alargamiento es el aumento en el tramo de calibración y se apoya con el uso del extensómetro.

Medir la distancia entre las marcas hechas en la probeta antes y después de la prueba

Elongación = $(L_f - L_i) / L_i$, donde:

L_f = longitud determinada entre dos de las marcas hechas a lo largo de la muestra después de la ruptura

L_i = longitud inicial de referencia (50.8 mm)

El porcentaje de elongación expresa la distancia que se estira la probeta antes de la ruptura y se determina de la siguiente manera:

$$\% \text{ Elongación} = (L_f - L_i) / L_i \times 100$$

7.5. Determinación del límite elástico

Existen diferentes métodos por medio de diagramas donde se determina la elasticidad máxima que tiene un material elástico, donde se presenta la pendiente de la curva esfuerzo-deformación y que pueden ser utilizados, por ejemplo: Método de Compensación (Offset Method), Extensión bajo carga (Extension -under-load), Método de Diagrama Autográfico (Autographic Diagram Method), etc., de acuerdo a ASTM E 8/E-8M-08

7.5.1 Determinación del módulo de elasticidad "Ley de Hooke ", y se determina mediante la siguiente relación:

$E = \sigma / \epsilon$ = módulo de elasticidad, donde:

$\sigma = \text{esfuerzo} = F/A$

$\epsilon = \text{deformación} = (L_f - L_i) / L_i$

7.5.2 Expresión de resultados

Después de romperse la probeta (ver fig.3), se retira de la máquina y se toman las dos partes de la probeta , se unen sobre la línea de ruptura y se mide el alargamiento entre las dos marcas donde se presentó la ruptura (ver fig.5), los cálculos se realizan de acuerdo al punto 7.3.4.3

La identificación de las marcas y la información similar se anotan

Las dimensiones originales y finales, así como las cargas críticas se registran al observarse

Algunas máquinas están equipadas con aditamento automático para trazar el diagrama de esfuerzo y deformación

Se anotan las características de la fractura y la presencia de algunos defectos

Se anotan las condiciones de la prueba, particularmente el tipo de equipo usado y la rapidez de la prueba

Si la ruptura de la muestra queda dentro de las mordazas o fuera de las marcas hechas a lo largo de la misma, la prueba se repite. (ver fig.4)

7.5.3 Informe de la prueba

El informe de la prueba debe incluir lo siguiente:

- Datos completos e identificación de la muestra
- Número de lote
- Resultado obtenido
- Cualquier desviación del procedimiento descrito
- Cualquier anomalía presentada durante la determinación
- Fecha de la determinación
- Nombre del analista

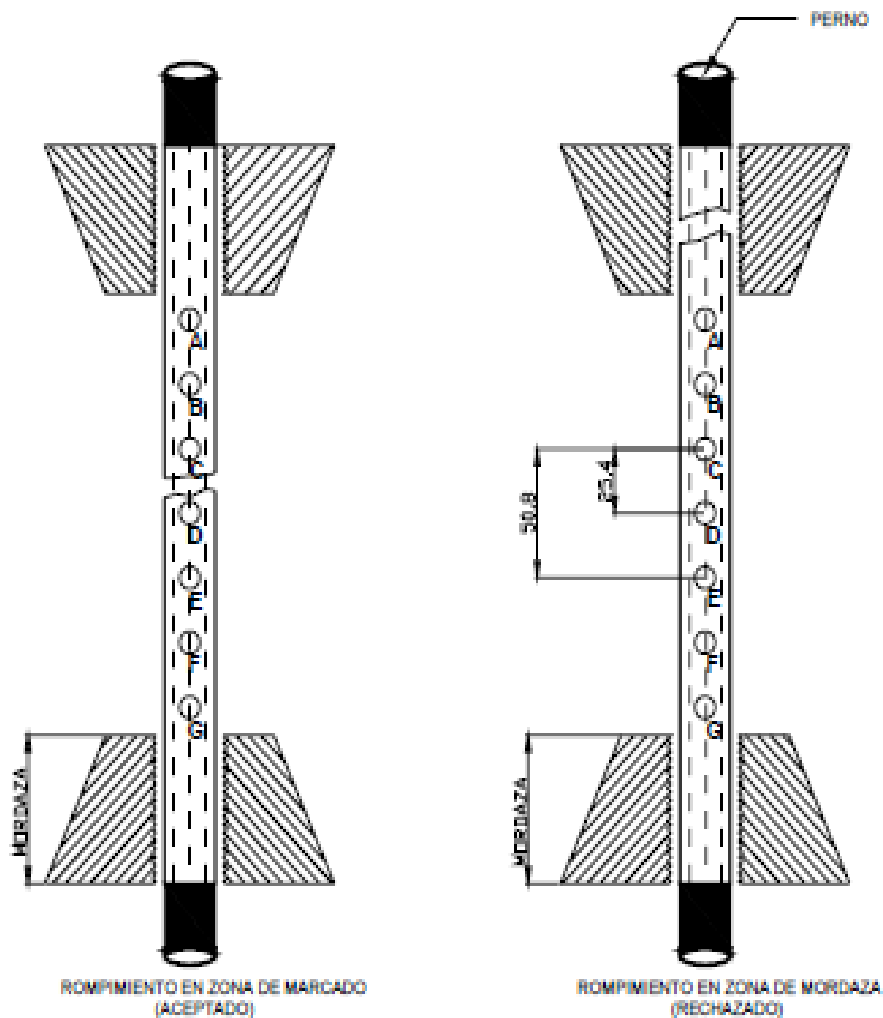


Fig. 3

Fig. 4

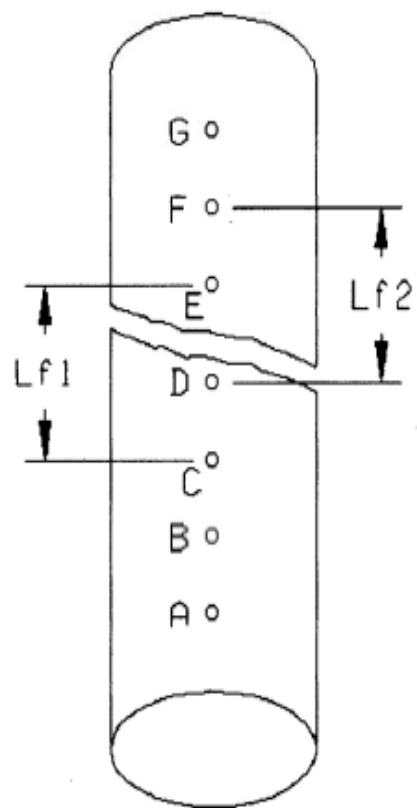


Fig. 5

Nota: para la longitud final L_f se toma el máximo valor determinado en L_{f1} (distancia C-E) y L_{f2} (distancia D-F)

Tabla 6. Dimensiones de probetas con secciones rectangulares (ver fig. 6)

Dimensiones mm			
Ancho Nominal	Probetas Estándar		Probetas Pequeñas
	Tipo plancha 40mm	Tipo lamina 12,5 mm	6 mm
G - Longitud calibrada	200,0 ± 0,2	50,0 ± 0,1	25,0 ± 0,1
W - Ancho	40,0 ± 2,0	12,5 ± 0,2	6,0 ± 0,1
T - Espesor	Espesor del material		
R - Radio de la zona de transición min.	25	12,5	6
L - Longitud total	450	200	100
A - Longitud de la sección reducida, min.	225	57	32
B - Longitud de la zona de sujeción	75	50	30
C - Ancho de la zona de sujeción	50	20	10

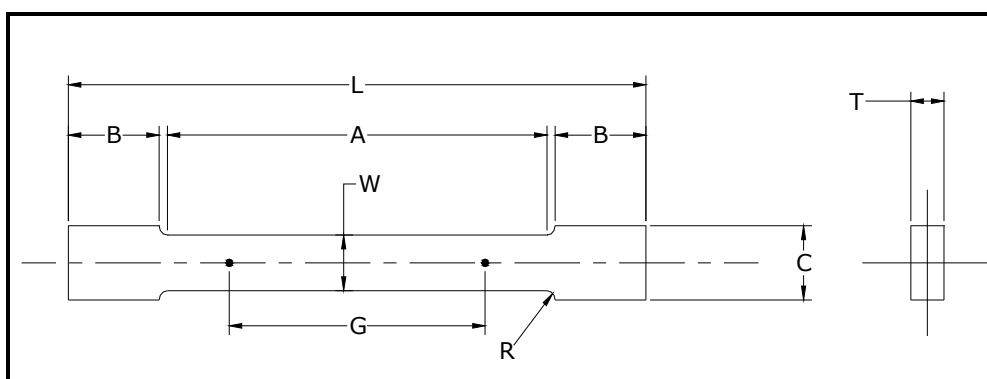


Fig. 6 Probetas de prueba secciones rectangulares

Tabla 7. Dimensiones para probeta con 50 mm de longitud calibrada (ver fig.7)

	Dimensiones mm
G - Longitud calibrada	50,0 ± 0,1
W - Ancho	12,5 ± 0,2
T - Espesor, máx.	12,5
R - Radio de la zona de transición	13
L - Longitud total, min.	200
A - Longitud de la sección reducida, min.	57
B - Longitud de la zona de sujeción	50
C - Ancho de la zona de sujeción, aproximada	50
D - Diámetro del agujero para pin	13
E - Distancia del borde al agujero para pin	40
F - Distancia del agujero a la zona de transición, min.	15

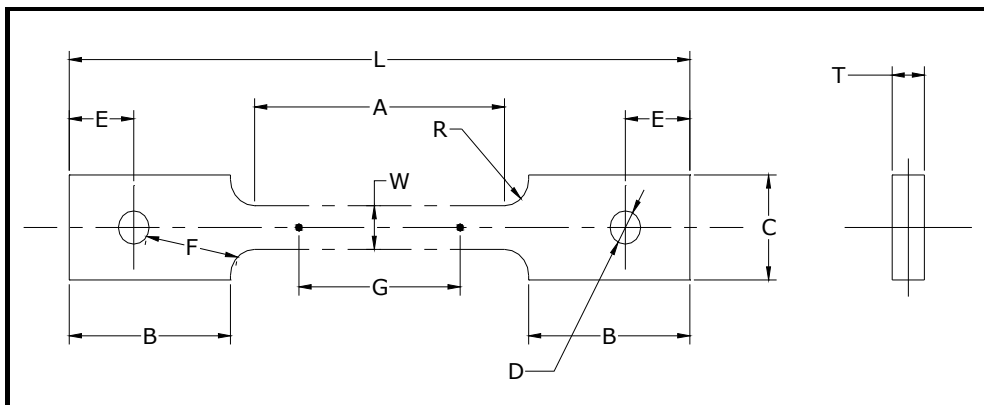


Fig. 7 Probeta para prueba de tensión alfiler cargado con 50 mm de longitud calibrada

Tabla 8 Dimensiones de probetas redondas con longitud calibrada de 5 veces el diámetro y probetas más pequeñas proporcionales al tamaño estándar (ver fig.8)

	Dimensiones , mm				
	Probeta estándar		Probetas más pequeñas proporcionales al estándar		
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
G - Longitud calibrada	62,5 ± 0,1	45,0 ± 0,1	30,0 ± 0,1	20,0 ± 0,1	12,5 ± 0,1
D - Diámetro	12,5 ± 0,2	9,0 ± 0,1	6,0 ± 0,1	4,0 ± 0,1	2,5 ± 0,1
R - Radio de la zona de transición, mínimo.	10	8	6	4	2
A - Longitud de la sección reducida, mínimo.	75	54	36	24	20

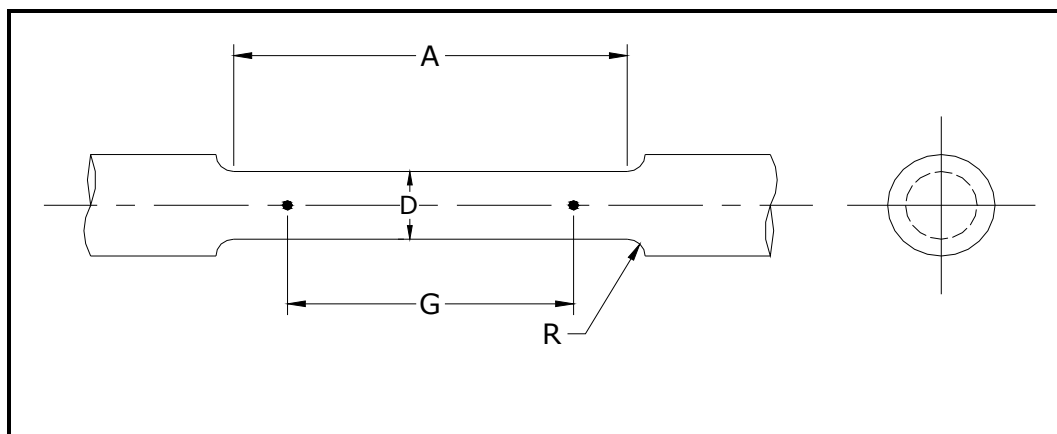


Fig. 8. Probeta redondas a prueba tensión con longitud calibrada de 5 veces el diámetro y ejemplos de probetas más pequeñas proporcionales al tamaño estándar

Tabla 9. Dimensiones de extremos de probetas redondas (ver fig.9)

	Dimensiones (mm)				
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Probeta 4	Probeta 5
G - Longitud calibrada	$62,5 \pm 0,1$	$62,5 \pm 0,1$	$62,5 \pm 0,1$	$62,5 \pm 0,1$	$62,5 \pm 0,1$
D - Diámetro	$12,5 \pm 0,2$	$12,5 \pm 0,2$	$12,5 \pm 0,2$	$12,5 \pm 0,2$	$12,5 \pm 0,2$
R - Radio de la zona de transición, mínimo.	10	10	2	10	10
A - Longitud de la sección reducida	75,min.	75,min.	100, aproximad.	75,min.	75,min.
L - Longitud total aproximada	145	155	140	140	255
B - Longitud de la zona de sujeción	35, aprox.	25, aprox.	20, aprox.	15, aprox.	75, min.
C - Diámetro de la zona de sujeción	20	20	20	22	20
E - Longitud del resalte mas la zona de transición	.....	15	.....	20	15
F - Diámetro del resalte	.....	15	.....	15	15

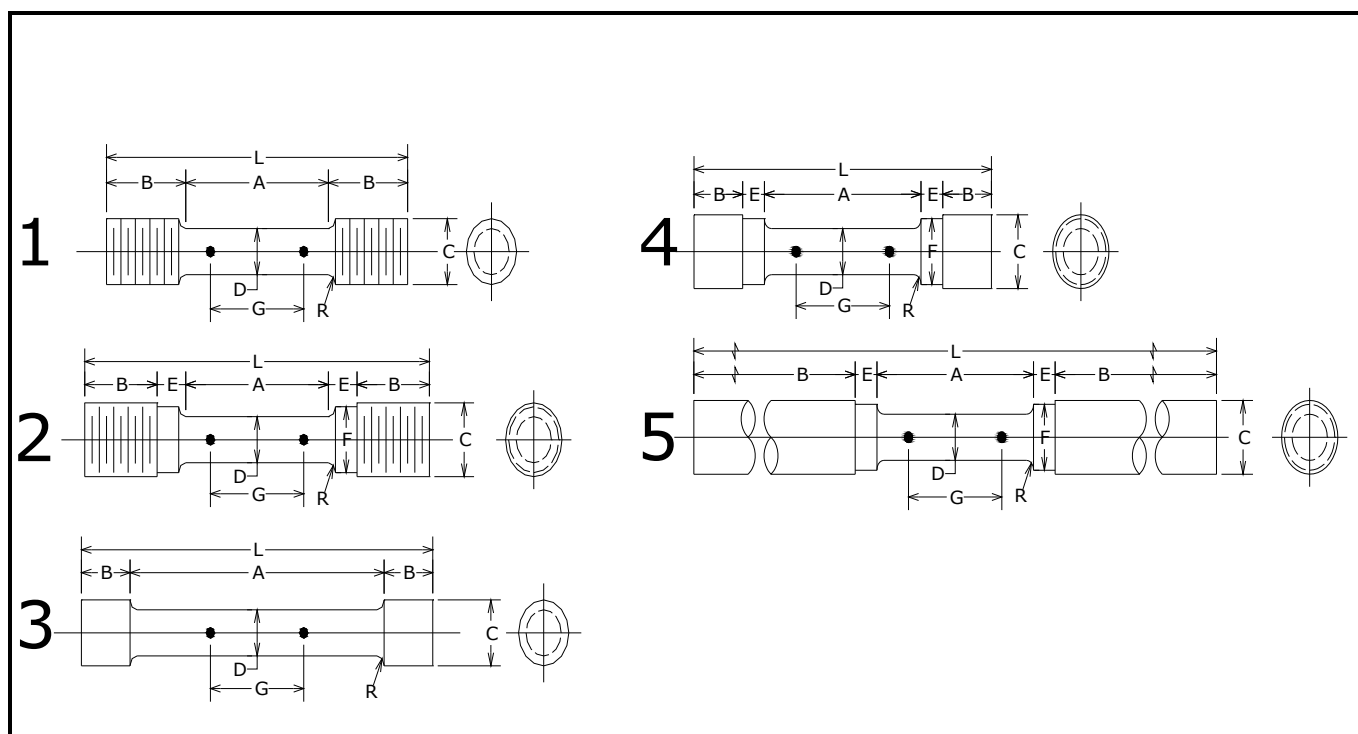


Fig. 9. Varios tipos de extremos de la probetas redondas de prueba de tensión

Tabla 10 Dimensiones de probetas con diámetro largo en productos tubulares
(ver fig.10)

Dimensiones , mm							
Ancho nominal	Especimen 1	Especimen 2	Especimen 3	Especimen 4	Especimen 5	Especimen 6	Especimen 7
G - Longitud calibrada	12,5	40	40	20	20	25	25
W - Ancho	50,0 ± 0,1	50,0 ± 0,1	200,0 ± 0,2	50,0 ± 0,1	100,0 ± 0,1	50,0 ± 0,1	100,0 ± 0,1
T -	12,5 ± 0,2	40,0 ± 2,0	40,0 ± 2,0	20,0 ± 0,7	20,0 ± 0,7	25,0 ± 1,5	25,0 ± 1,5
R - Radio del filete, min.	mediciones del espesor de la probeta						
A - Longitud de la sección reducida	12,5	25	25	25	25	25	25
B - Longitud de la sección	60	60	230	60	120	60	120
C - Ancho de la sección	75	75	75	75	75	75	75
	20	50	50	25	25	40	40

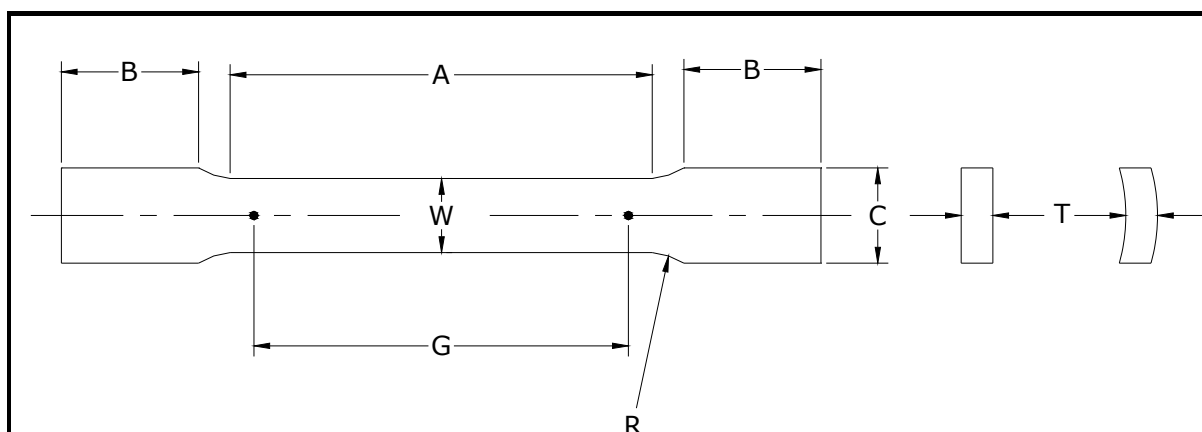


Fig. 10. Probeta para pruebas de tensión de diámetro largo en productos tubulares

Tabla 11. Dimensiones de probetas estándar para hierro colado (ver fig.11)

	Dimensiones mm		
	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
G - Longitud de la sección paralela	Deberá ser igual o mayor que el diámetro D		
D - Diámetro	12,5 ± 0,2	20,0 ± 0,4	36,0 ± 0,6
R- Radio de la zona de transición	25	25	50
A - Longitud de la sección reducida	32	38	60
L - Longitud total, mínima.	95	100	160
B - Longitud de la zona de sujeción, aproximada	25	25	45
C - Diámetro de la zona de sujeción aproximada	20	30	48
E - Longitud del resalte mínima	6	6	8
F - Diámetro del resalte mínimo	16,0 ± 0,4	24,0 ± 0,4	36,5 ± 0,4

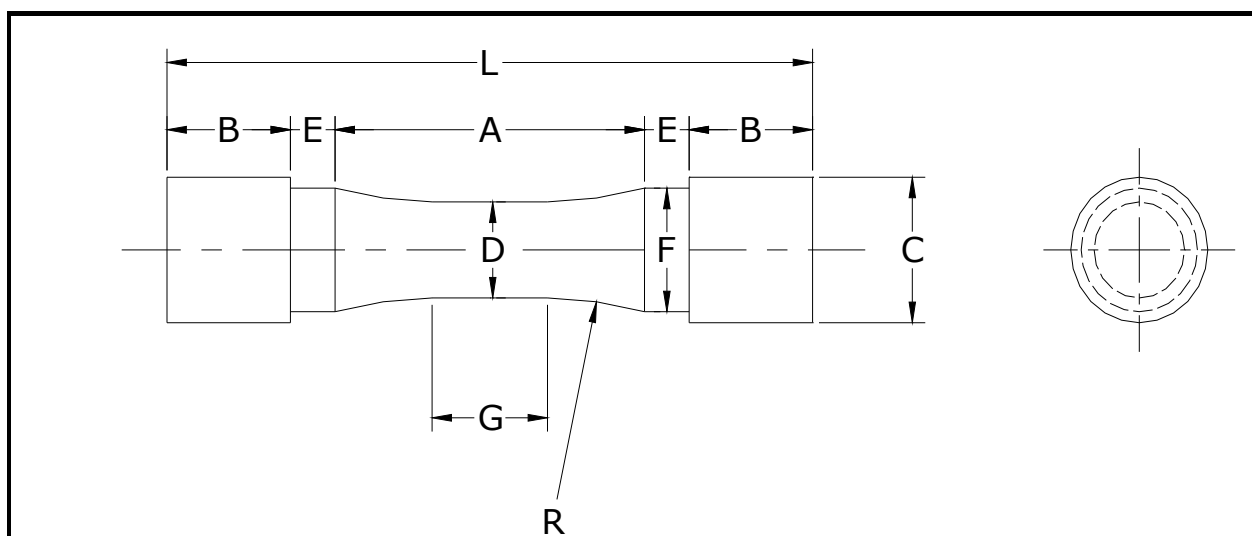


Fig. 11 Probetas estándar de Prueba de tensión para hierro colado

Tabla 12 Dimensiones para probetas de latón (ver fig.12)

	Dimensiones en mm
D - Diámetro	16
R- Radio de la zona de transición	8
A - Longitud de la sección reducida	64
L - Longitud total	190
B - Longitud de la zona de sujeción	64
C - Diámetro de zona de sujeción	20
E - Longitud de la zona de transición	5

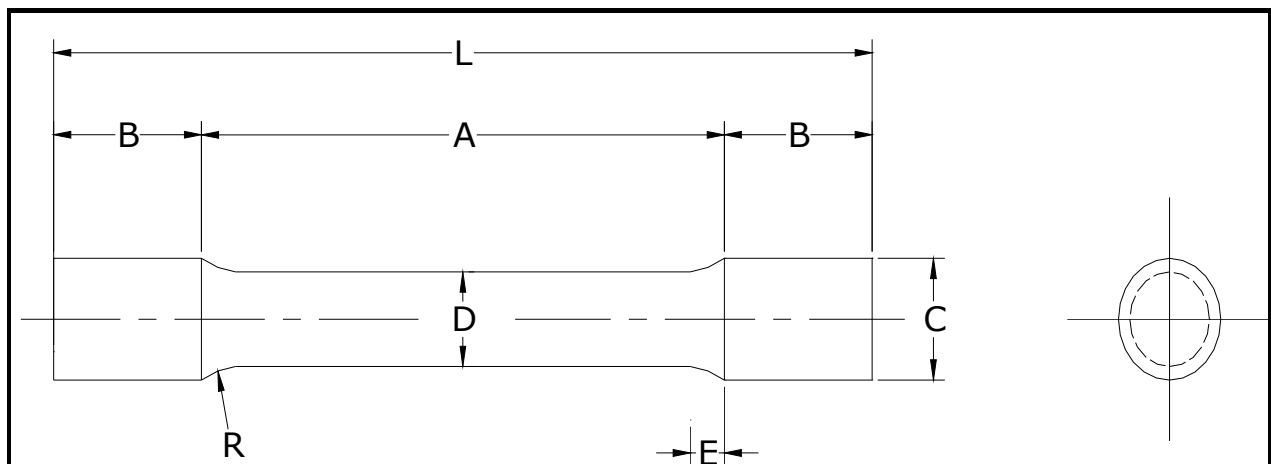
**Fig.12 Prueba de tensión para probetas de latón**

Tabla 13. Probeta estandar para prueba de tensión de muestras de fundición presión (ver fig.13)

	Dimensiones en mm
G - Longitud calibrada	$50,0 \pm 0,1$
D - Diámetro	$6,4 \pm 0,1$
R- Radio de la zona de transición	75
A - Longitud de la sección reducida, mínima.	60
L - Longitud total, mínima.	230
B - Distancia entre mordazas, mínima.	115
C - Diámetro de la zona de sujeción aproximada	10

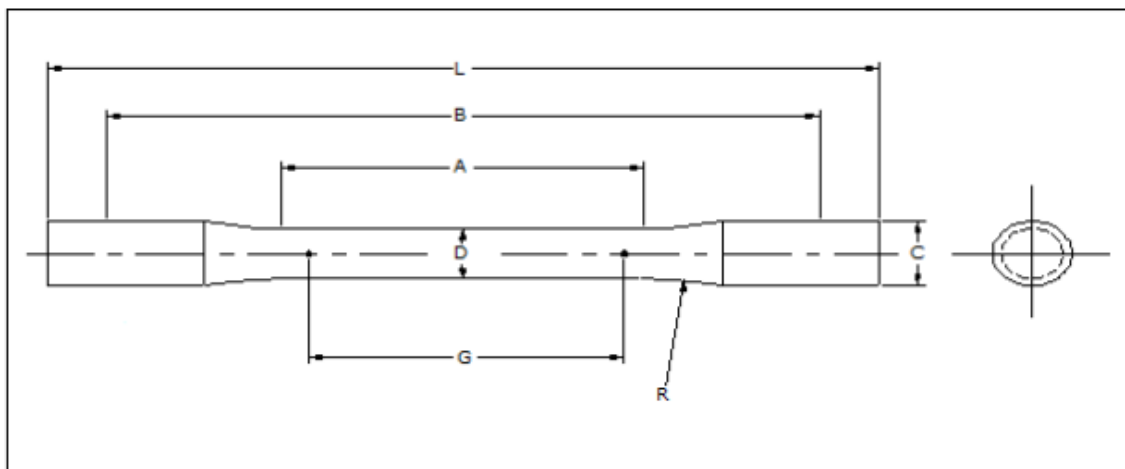


Fig. 13 Probeta para muestras de fundición a presión

Tabla 14. Probeta estandar maquinada redonda para productos de metalurgia de polvos (ver fig.14)

	Dimensiones en mm
G - Longitud calibrada	$25,40 \pm 0,8$
D - Diámetro en el centro de la sección reducida	$4,75 \pm 0,03$
H - Diámetro en los extremos de la longitud calibrada	$4,85 \pm 0,03$
R- Radio de la zona de transición	$6,35 \pm 0,13$
A - Longitud de la sección reducida, min.	$47,63 \pm 0,13$
L - Longitud total, min.	75, nominal
B - Longitud de la zona de sujeción	$7,88 \pm 0,13$
C - Compactar a este espesor	$10,03 \pm 0,13$
W - Ancho de la cavidad del dado	$10,03 \pm 0,08$
E - Longitud de la zona de transición	$6,35 \pm 0,13$
F - Diámetro del resalte	$7,88 \pm 0,03$
J - Radio del extremo de la zona de transición, máximo	$1,27 \pm 0,13$

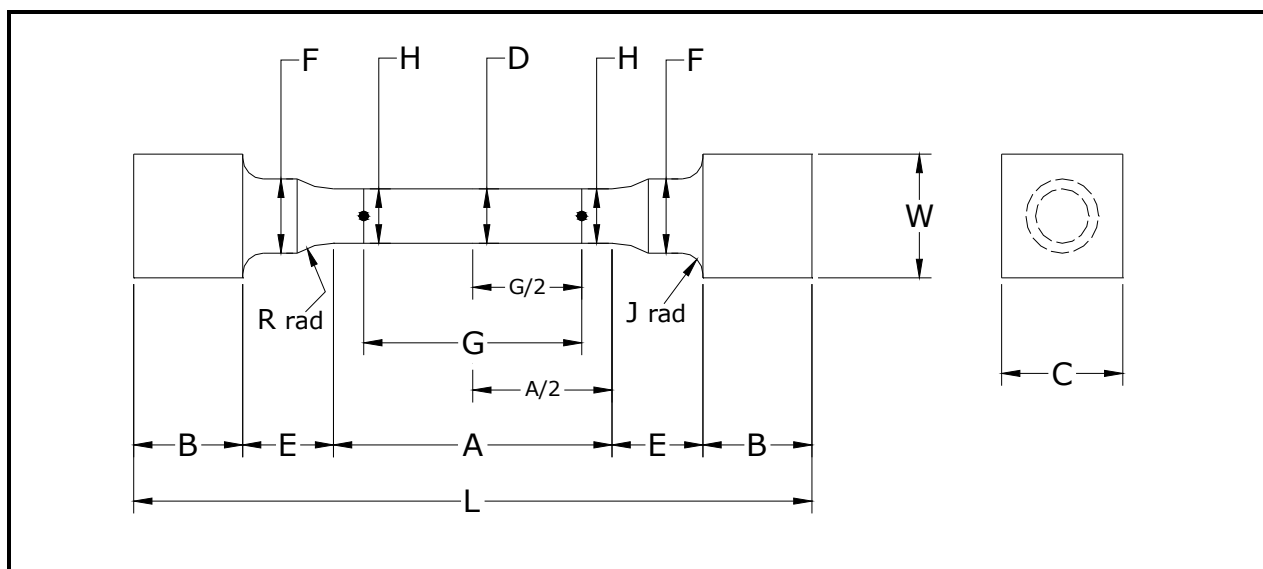


Fig. 14 Probeta maquinada redonda para productos de metalurgia de polvos

Tabla 15. Probeta estandar plana sin mecanizar en prueba de tensión para productos metalurgicos de polvos

	Dimensiones en mm
G - Longitud calibrada	$25,40 \pm 0,8$
D - Ancho del centro	$5,72 \pm 0,03$
W - Ancho del final de la zona de la sección reducida	$5,97 \pm 0,03$
T- Compactar a este espesor	3,56 a 6,35
R - Radio de la zona de transición	25,4
A - Mitad de la zona de sección reducida	15,88
B - Longitud entre mordazas	$80,95 \pm 0,03$
L - Longitud total	$89,64 \pm 0,03$
C - Ancho de la zona de sujeción	$8,71 \pm 0,03$
F - Ancho de la mitad de la zona de sujeción	$434 \pm 0,03$
E - Radio de los extremos	$434 \pm 0,03$

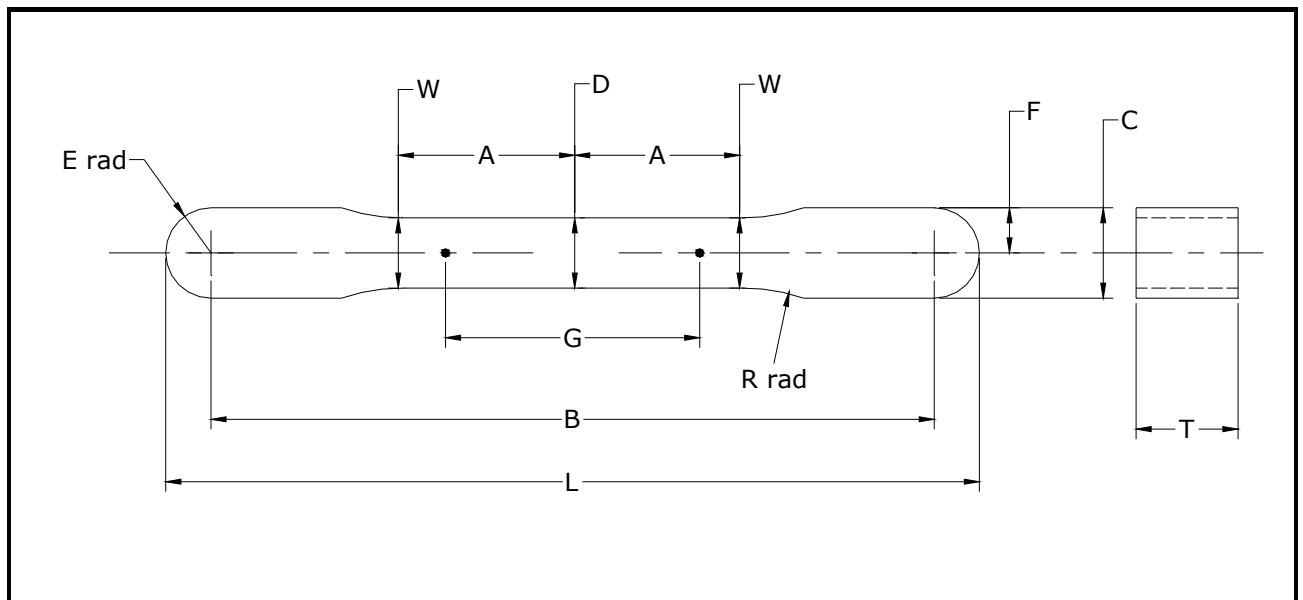


Fig. 15 Probeta plana sin mecanizar para productos metalurgicos de polvos

8 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales posteriores a la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

9 BIBLIOGRAFÍA

[1] SYDNEY H. AVNER. Introducción a la Metalurgia Física, Ed.Mc Graw-Hill, México, 1968. p 118-135

[2] AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia Pa. 1970.

[3] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Norma Española UNE-EN 1057:1996 Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción. España, 1996. (norma anulada por la norma española UNE-EN-1057:2007).

[4] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Norma Inglesa BS-EN 10235:1994 Metallic materials – Tube – Flanging Test. Gran Bretaña. 1994. (norma reemplazada por la norma inglesa BS-EN 8494: 2013).

[5] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Norma Inglesa BS-EN 10234:1994 Metallic materials – Tube – Drift Expanding Test. Gran Bretaña. 1994. (norma reemplazada por la norma inglesa BS-EN 8493: 2004).

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma no es equivalente (NEQ) con alguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.